

***Apuntes  
y  
cuaderno  
de  
Educación  
Física***

*Nombre del alumno o alumna*

---

*Curso y Grupo*

**2º de Bachillerato -**

---

*Año académico*

---



*Dpto. de Educación Física  
del I.E.S. La Bahía  
San Fernando - Cádiz*

***Tema:**  
**Bases anatómicas y  
fisiológicas.  
Análisis del ejercicio  
físico.***

## CAPÍTULO 1º

### “BASES ANATÓMICAS Y FISIOLÓGICAS”

#### 1.- EL ESTILO DE VIDA Y LA SALUD

Nuestra forma de vivir, de comer, de divertirnos, de descansar influye muy directamente en nuestra salud y por lo tanto en nuestra calidad de vida.

Desde que nacemos, nuestro entorno, nuestra educación, nuestros hábitos, van a ir gestando nuestro futuro. Quizás hayáis oído la frase.. “Somos lo que comemos”. Sí lo que comemos pero también somos lo que hacemos, a lo que nos acostumbramos o nos acostumbran. Quizás a ciertas edades no podamos influir en eso pero llega un momento donde es o será nuestra responsabilidad. Nadie debe tener interés más interés de cuidar de ti que tu mismo.

Un estilo de vida saludable contempla, fundamentalmente, tres tipos de hábitos saludables:

- Una **actividad física** reglada, adaptada y con la intensidad y frecuencia adecuadas.
- Una **alimentación** adecuada: Variada, en su justa medida, nunca en exceso y sin la aplicación de dietas inadecuadas.
- Unas pautas regulares de **descanso**

Por contra, desterraremos los hábitos negativos:

- Sedentarismo
- Consumo de alcohol
- Consumos de tabaco y otras drogas

#### 1.2.- La actividad física: Sus riesgos

Ya nadie discute que la actividad física es beneficiosa para la salud. Pero no asumamos de forma simplista esta afirmación. Deberemos matizarla: Será beneficiosa para la salud si...**la realización de esa actividad física nos comporta unos beneficios que compense el riesgo que conlleva dicha actividad.**

#### ➤ Pero, ¿siempre comporta beneficio la práctica de actividad física?.

Desde el punto de vista de la salud no todas las actividades físicas son iguales, ya que la práctica de cualquiera de ellas comporta una relación beneficio-riesgo que viene determinada por aspectos diversos, como las características personales y nivel de condición física, el tipo de actividad, la intensidad requerida, la existencia o ausencia de competición, el medio en el que se desarrolla, si la actividad se orienta al rendimiento o a la recreación, etc.

De manera general se podría decir que una actividad física orientada hacia la salud será aquella que por sus características nos garantice más beneficios que riesgos a la hora de realizarla, valorando para ello la posibilidad que ofrece la actividad para autocontrolar la intensidad; la seguridad que ofrece el

medio, los materiales utilizados y la forma de ejecutarla; la mayor o menor brusquedad de los movimientos; el riesgo de impactos con móviles u oponente; los problemas psicológicos y de relación social derivados de la competitividad, además de la edad, el sexo, el nivel de condición física y el grado de disfrute en su realización.

**Para poder conseguir beneficios saludables**, la actividad física deberá:

- Estar adaptada a las características personales.
- Tener una intensidad de moderada a vigorosa
- Ser habitual y frecuente formando parte del estilo de vida.
- Ser satisfactoria y respetuosa con el medio ambiente.
- Ser relacional y permita el desarrollo de habilidades sociales tendentes a llevar una vida mejor.

En cuanto a los **riesgos**, conviene señalar aquellos que están asociados a los siguientes factores:

- Tipo de actividad (actividades que precisan de movimientos bruscos, actividades con posibilidad de impactos u oponentes, etc.).
- Medio en el que se desarrollan (falta de seguridad en los equipamientos, aquellos que están asociados al clima, actividades de aventura, etc.).
- Inadecuada realización (abuso de ejercicio, desajuste entre la actividad y las características personales, etc.).

## **2.- BASES BIOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DEL EJERCICIO FÍSICO.**

### **2.1.-EL SISTEMA OSTEOARTICULAR:**

El aparato locomotor, compuesto por el sistema osteoarticular (huesos y articulaciones) y los músculos, presenta una estructura que contiene más de doscientos huesos, un centenar de articulaciones y más de 650 músculos actuando coordinadamente. Gracias a la colaboración entre huesos y músculos, el cuerpo humano mantiene su postura, puede desplazarse y realizar múltiples movimientos.

El conjunto de huesos y articulaciones forma el esqueleto, que tiene como función sostener al organismo y proteger a órganos como el cerebro, el corazón o los pulmones, así como servir de punto de inserción a los tendones de los músculos.

### **LOS HUESOS**

Los huesos constituyen un almacén de soporte para el resto del sistema músculo-esquelético y lugares para la inserción de la musculatura, que es la base mecánica de la locomoción. Otras funciones del hueso incluyen el almacenamiento de minerales (calcio y fósforo) y la formación de células sanguíneas en la médula ósea.

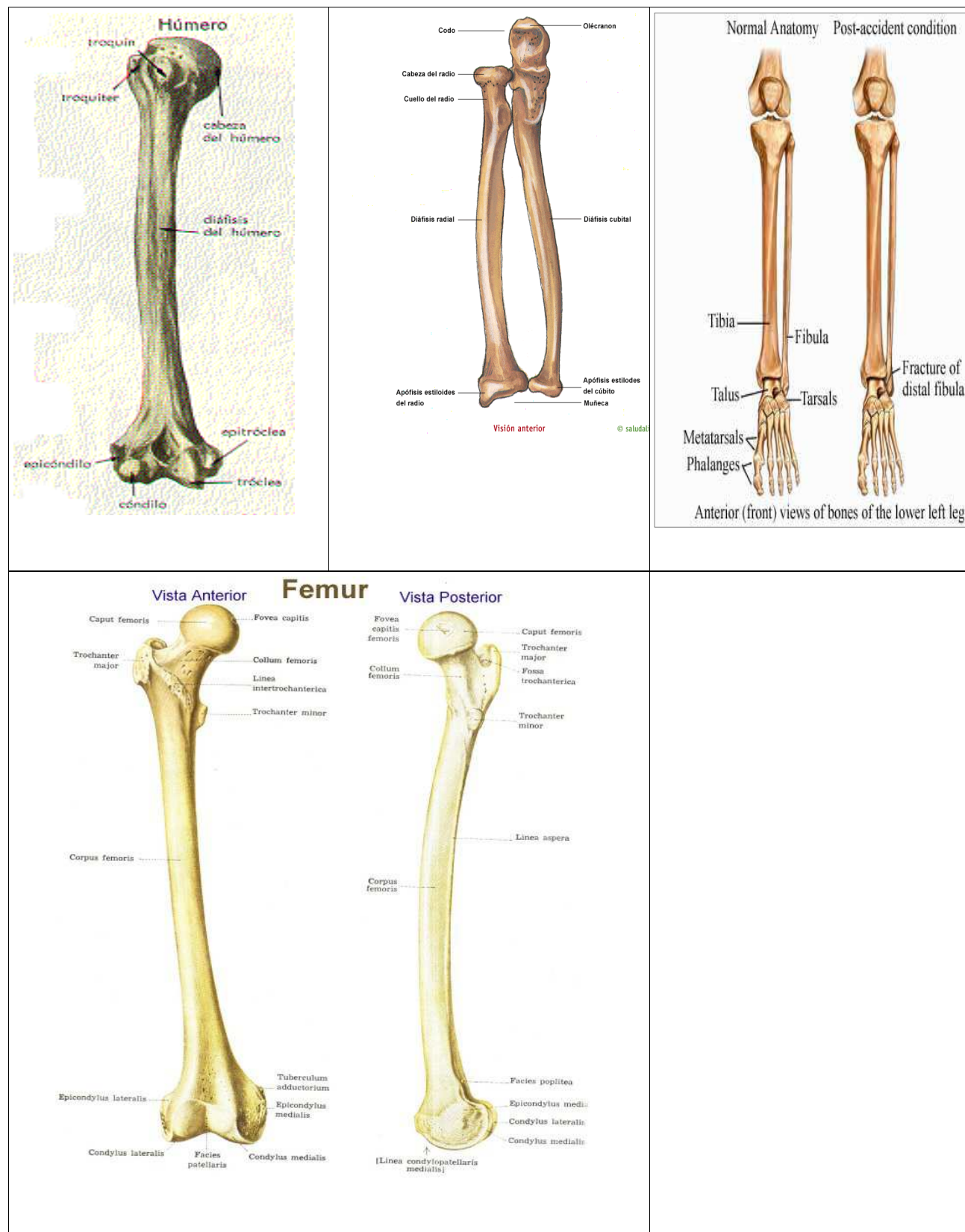
En el cuerpo humano existen más de doscientos huesos distribuidos en la columna vertebral, en el cráneo, en el oído, en el tórax y en los miembros superiores e inferiores.

En función de su forma podríamos clasificar a los huesos en largos, cortos y anchos.

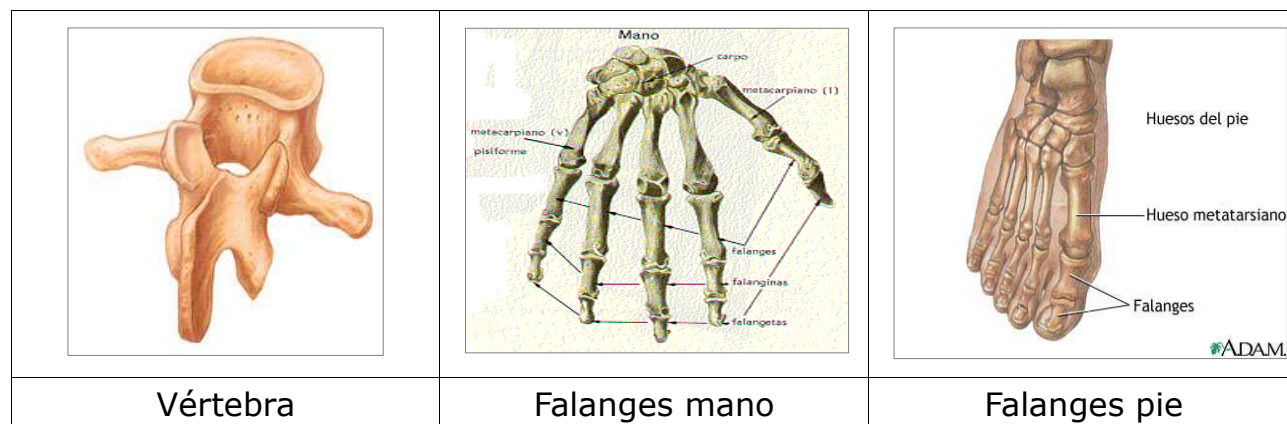
A) **Huesos largos**, como los del brazo o la pierna. En ellos predomina la longitud y están destinados a transmitir presiones. Podemos distinguir:

- Una parte media, cuerpo o diáfisis, que no es totalmente recta y suele presentar formas triangulares o prismáticas.
- Unos extremos o epífisis (proximal y distal), que es el lugar en donde se articulan con otros huesos.

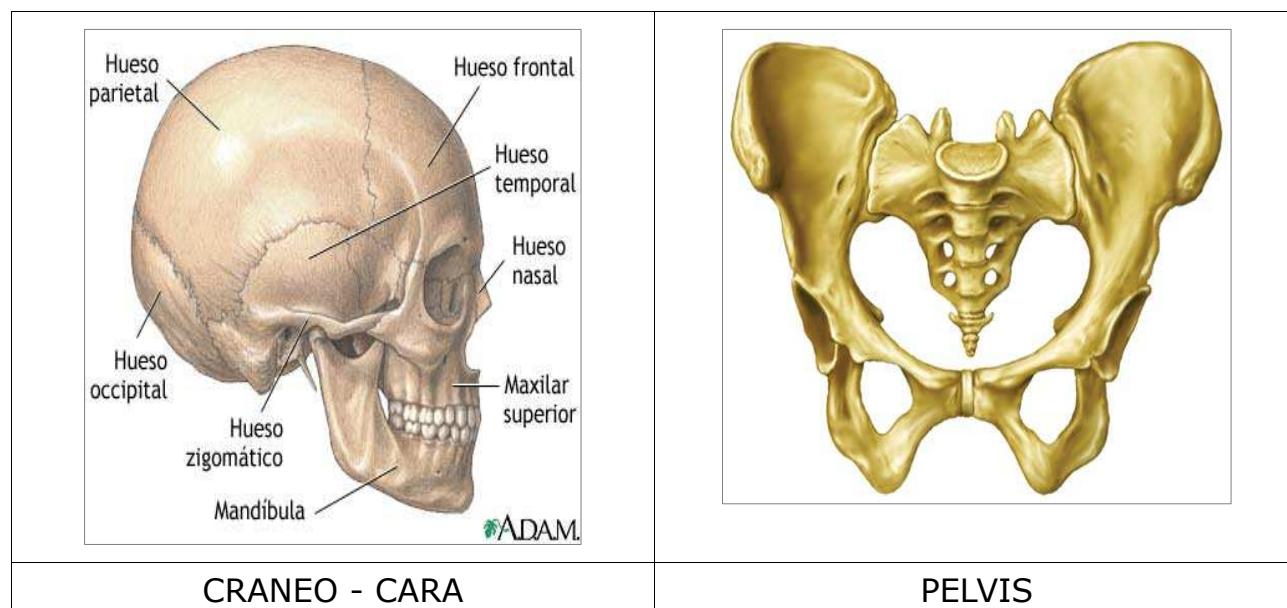
Vemos a continuación algunos ejemplos de este tipo de huesos:



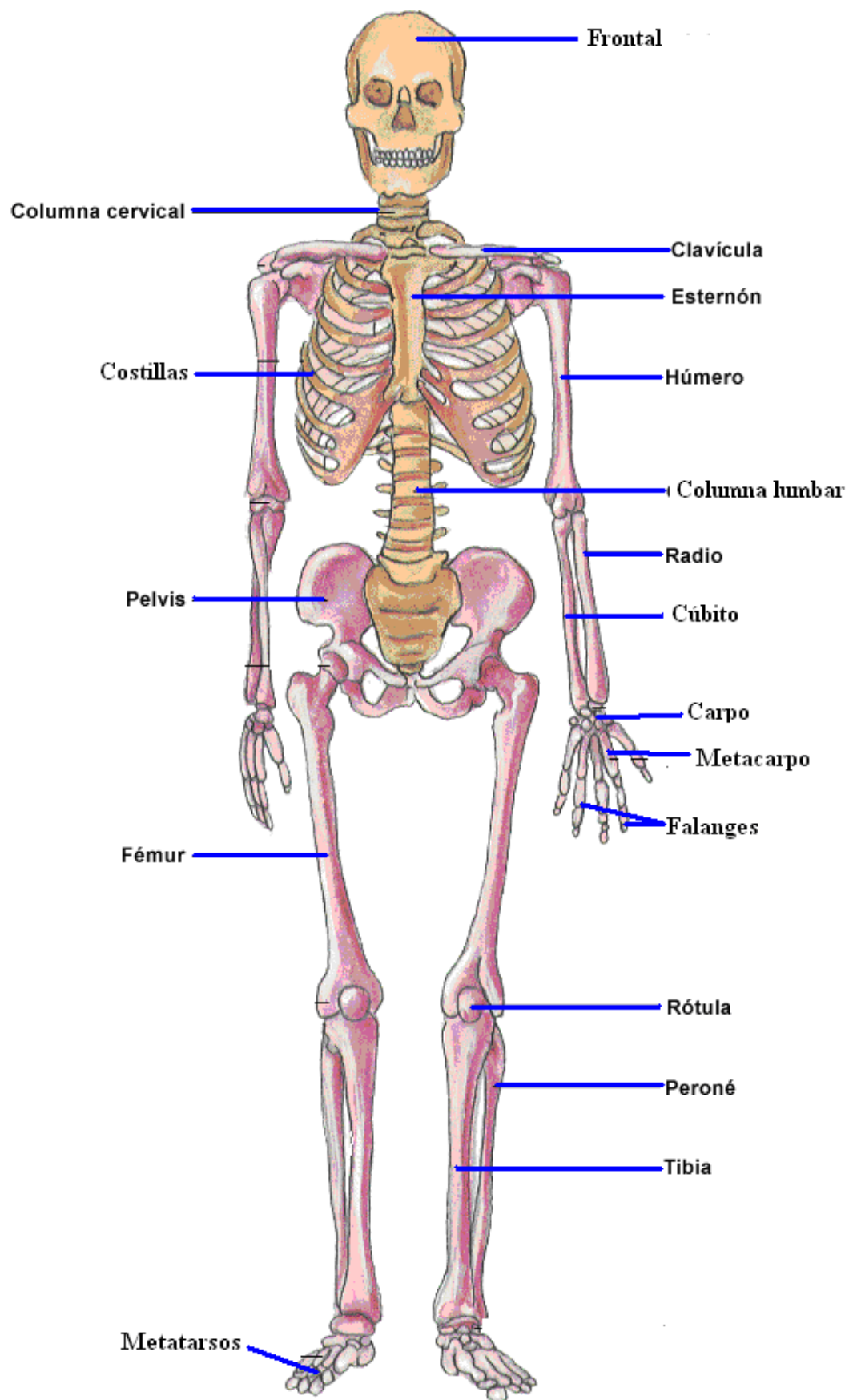
B) **Huesos cortos**, como los de las vértebras. Suelen ser irregularmente cuadrangulares o cúbicos. Están destinados a soportar presiones y suelen articularse con muchos huesos periféricos (ejemplo, puntos de unión de manos y pies con el resto de los miembros).

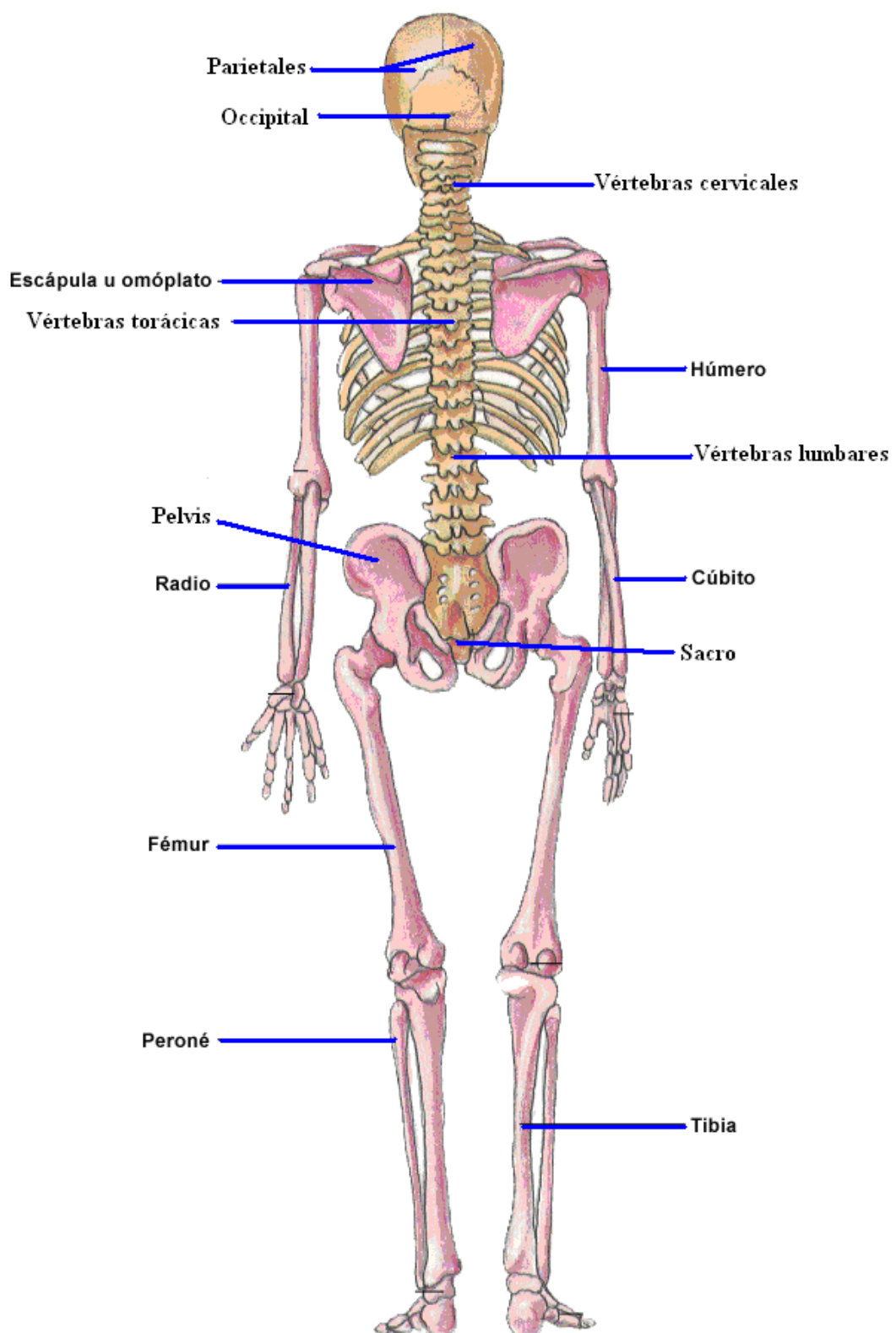


C) **Huesos planos**. Predominan en la cara y en la pelvis y están destinados a proteger el sistema nervioso y las vísceras respectivamente. Sus caras son muy lisas, todo lo contrario que sus bordes, diseñados para uniones.



En los tres tipos de huesos encontramos como características la presencia de unas eminencias o salientes (apófisis), cavidades (de inserción), canales (paso de arterias o venas) y una membrana que lo recubre, denominada periostio.







## LAS ARTICULACIONES

Son las zonas de unión entre los huesos o cartílagos del esqueleto. Se pueden clasificar en:

- ✓ **Sinartrosis**, que son articulaciones rígidas, sin movilidad, como las que unen los huesos del cráneo. Estas articulaciones se mantienen unidas por el crecimiento del hueso o por un cartílago fibroso resistente.
- ✓ **Anfiartrosis**, que presentan movilidad escasa como la unión de ambos pubis. Estas articulaciones se mantienen unidas por un cartílago elástico.
- ✓ **Diartrrosis**, que son articulaciones móviles como las que unen los huesos de las extremidades con el tronco (hombro, cadera). Las articulaciones móviles tienen una capa externa de cartílago fibroso y están rodeadas por ligamentos resistentes que se sujetan a los huesos. Los extremos óseos de las articulaciones móviles están cubiertos con cartílago liso y lubricado por un fluido espeso denominado líquido sinovial producido por la membrana sinovial.

El cuerpo humano tiene diversos tipos de articulaciones móviles:

- ✓ En **bisagra** (codos y rodillas), en la que solo es posible la movilidad en un plano.
- ✓ **Esfera-cavidad** (cadera y hombro), que permite el movimiento en todas direcciones.
- ✓ En **pivote**, que permite solo la rotación y hace posible el giro de la cabeza de un lado a otro.
- ✓ **Deslizantes** (huesos de la muñeca y del tobillo), en las que las superficies óseas se mueven separadas por distancias muy cortas.

Las articulaciones están formadas por las siguientes estructuras:

- ✓ **El cartílago**. En la articulación los huesos están recubiertos con cartílago, un tipo de tejido que está formado por células y fibras que ayudan a reducir la fricción que producen los movimientos.
- ✓ **La membrana sinovial**. Reviste la articulación recubriendo en su interior a la cápsula que encierra la articulación. La membrana sinovial segrega líquido sinovial alrededor de la articulación para lubricarla.
- ✓ **El líquido sinovial**: Líquido transparente y pegajoso segregado por la membrana sinovial.
- ✓ **Los ligamentos**. Tejidos que rodean la articulación para sostenerla y limitar sus movimientos (son bandas de tejido conectivo duro y elástico).
- ✓ **Los tendones**: Se trata de otro tipo de tejido duro localizados a ambos lados de la articulación y que constituyen las formaciones terminales de los músculos que se insertan en los huesos.

## EFFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE EL TEJIDO OSEO Y LAS ARTICULACIONES. BENEFICIOS PARA LA SALUD

El ejercicio físico produce un efecto beneficioso sobre la “arquitectura” ósea, estimulando la creación de tejido óseo, influyendo sobre su vascularización, posibilitando el desarrollo normal de los cartílagos de crecimiento, incrementando la densidad mineral del hueso y previniendo la pérdida de masa



ósea. En consecuencia, el ejercicio físico evita la fragilidad ósea (característica de las personas sedentarias) y reduce o retarda la aparición de la osteoporosis.

En relación con las articulaciones, las presiones y fricciones que estas reciben durante la actividad física aumenta la fluidez del líquido sinovial, favoreciendo la lubricación y protección de las superficies articulares.

Asimismo, el ejercicio físico produce un aumento de la elasticidad articular y, por consiguiente, del grado de movilidad de la articulación, facilitando los movimientos de la vida diaria.

## 2.2.- EL SISTEMA CARDIOVASCULAR Y RESPIRATORIO.

La práctica regular de actividades físicas constituye una de las pautas de conducta que caracteriza un estilo de vida saludable, no solo porque favorece la función de los distintos sistemas corporales y aumenta el nivel de condición física de las personas que la realizan, sino también porque actúa controlando los factores de riesgo en la aparición de enfermedades cardiovasculares y degenerativas que son características del estilo de vida sedentario (obesidad, hipertensión arterial, niveles plasmáticos de lípidos anormalmente altos, hábito tabáquico, etc.).

Se puede afirmar que la actividad física, además de ocupar el tiempo de ocio y de satisfacer las necesidades lúdicas, produce, cuando se realiza adecuadamente, importantes beneficios para la salud que se traducen en un mayor grado de bienestar físico y psíquico. Estos beneficios surgen como consecuencia de importantes modificaciones morfológicas y funcionales en los sistemas cardiovascular, respiratorio, locomotor, endocrino y en la actividad metabólica general.

Las modificaciones orgánicas y funcionales que origina la práctica de actividades físico-deportivas se consideran fenómenos de adaptación del organismo a la actividad física, y las ocasionadas a largo plazo son el resultado del incremento de las capacidades o cualidades físicas (resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad, coordinación, etc.) provocados por el sucesivo aumento de estímulos.

Como fundamento del conocimiento y significado del ejercicio físico, es necesario conocer los mecanismos fisiológicos que le sirven de base. Para ello, recordaremos a continuación aquellos que están implicados de forma más directa en su realización: el sistema cardiovascular y el sistema respiratorio.

### 2.2.1.- EL SISTEMA CARDIOVASCULAR.

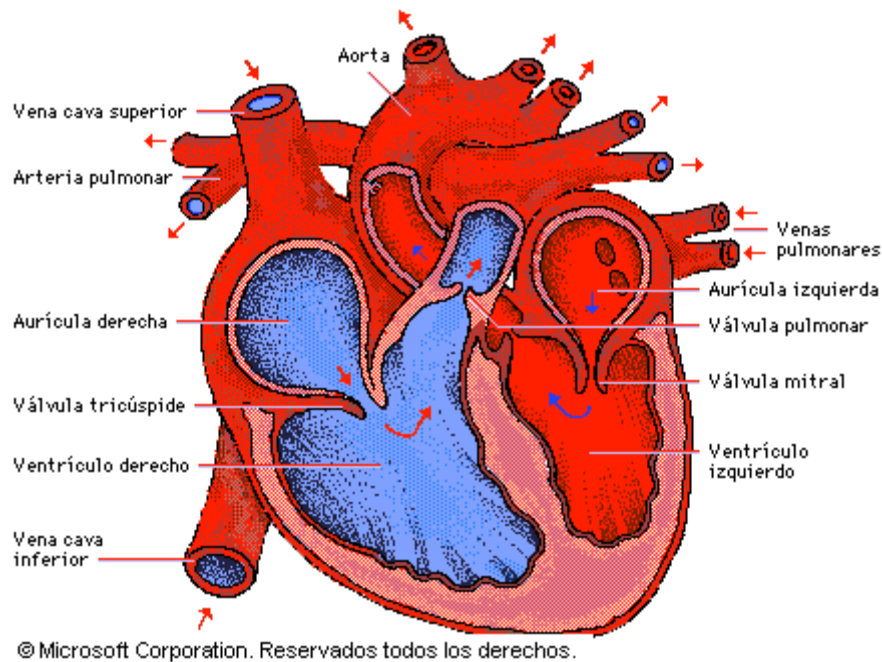
#### Componentes.

Es el encargado de mantener en constante movimiento a la sangre para que llegue a todas las células del organismo. A través de este sistema se suministran los elementos nutritivos y el oxígeno, y se evacúan los productos de desecho que más tarde serán eliminados por órganos especializados como el riñón, pulmones y piel.

El sistema cardiovascular está compuesto por el **corazón** y los **vasos sanguíneos**: *arterias, capilares y venas*.

**El corazón** es un músculo dividido en cuatro cavidades: dos superiores, llamadas aurículas y que recibe la sangre que vuelve por las venas, y dos inferiores, los ventrículos, de los que parten las arterias. Tiene como función principal actuar como bomba impulsora para que la sangre pueda realizar todo

su recorrido por los vasos sanguíneos. Para ejercer este impulso emplea dos movimientos, uno de sístole, en donde se contrae, y otro de diástole en donde se relaja y dilata.



Veamos a continuación, de manera muy breve, el recorrido de la sangre.

Del ventrículo izquierdo parte la sangre por mediación de la arteria aorta hacia el organismo, ramificándose en multitud de nuevas arterias para irrigar los tejidos, músculos, etc. A continuación pasa de las arterias a los capilares en donde tiene lugar el intercambio gaseoso y sigue hacia las venas para retornar al corazón por medio de la vena cava, que desemboca en la aurícula derecha. De aquí pasa al ventrículo derecho y se dirige a través de la arteria pulmonar hacia los pulmones donde se oxigena y vuelve rica en oxígeno a la aurícula izquierda, por medio de las venas pulmonares, y comenzar de nuevo el recorrido.

Además del corazón, al sistema circulatorio lo completan las **arterias**, los **capilares** y las **venas**, formando una red de vasos encargados de transportar la sangre por todo nuestro cuerpo.

Las **arterias** nacen en los ventrículos del corazón y llevan la sangre al organismo y a los pulmones.

Las **venas** retornan la sangre al corazón depositándola en las aurículas.

Los **capilares** son los vasos en los que lleva a cabo el intercambio entre la sangre y los tejidos.

Cada vez que el ventrículo izquierdo se contrae, vacía en la aorta la sangre que contiene; esta cantidad empuja a la sangre que ya contenía la aorta antes de la contracción y que a su vez empuja hacia adelante, produciéndose una nueva expansión y así sucesivamente. Se crea de esta manera una onda de expansión, que consiste en una dilatación brusca de las arterias, que se puede palpar y que es lo que constituye el pulso.

## Procesos de adaptación cardiovascular durante la actividad.

Durante la actividad física y debido a la necesidad de enviar más sustancias nutritivas y oxígeno a las zonas más activas (músculos), el corazón intensifica su trabajo aumentando la frecuencia cardíaca. Este aumento de la FC va a depender de la velocidad y duración del ejercicio, del contenido emocional, de la temperatura ambiente y humedad, y de la aptitud física del sujeto.

De manera general, podemos considerar como **esfuerzos de alta intensidad** para vuestra edad aquellos en los que la frecuencia cardíaca alcanza las **180 pulsaciones/minuto**.

Los **esfuerzos de intensidad media** son aquellos en los que la frecuencia cardíaca oscila entre las **140 y las 160 p/m**.

Los esfuerzos por debajo de las **130 p/m** son considerados de **intensidad baja**. Por tanto, la frecuencia cardíaca constituye uno de los indicadores de la intensidad del esfuerzo, ya que ésta dependerá del número de latidos que tengamos durante el ejercicio.

**De todas formas sabéis que utilizaremos el ZAC para ser más exactos**

Además del aumento de FC, durante el ejercicio se producen adaptaciones circulatorias compensadoras que desvían gran parte del torrente sanguíneo desde tejidos menos activos (riñones y aparato gastrointestinal) hacia los músculos activos.

El mayor aporte de sangre a los músculos activos se consigue mediante un **aumento del volumen minuto**. El *volumen minuto* o *gasto cardíaco* es el índice más importante de la función cardíaca y corresponde a la cantidad de sangre que expulsa el corazón en un minuto, siendo el resultado de multiplicar la sangre expulsada en cada contracción (volumen sistólico) por el número de veces que se contrae en un minuto (frecuencia cardíaca).

$$\text{VMC} = \text{VS} \times \text{FC}$$

En reposo, el VMC es de 5 a 6 litros y durante la actividad aumenta de 5 a 20 ó 25 litros, pudiendo llegar en el atleta a 30 ó 40 litros. En los sujetos entrenados, el aumento de VMC se obtiene fundamentalmente por un aumento del volumen sistólico y en los no entrenados por un aumento de la frecuencia cardíaca. Los individuos bien entrenados tienen una frecuencia cardíaca baja en reposo; esto indica que su corazón no necesita contraerse muchas veces para mantener un volumen minuto adecuado, pues cada vez que se contrae expulsa mucha sangre. El incremento del volumen sistólico se consigue con trabajo de carácter aeróbico.

Otro de los importantes ajustes que se producen durante el ejercicio es el **aumento de la presión sanguínea arterial** (PA), la cual provee la fuerza conducente para incrementar el flujo sanguíneo a través de los músculos.

Asimismo, las **arteriolas** aumentan rápidamente su volumen por vasodilatación, la cual se acompaña de un aumento en la presión arterial y del volumen sistólico.

El aumento de la presión arterial se instala rápidamente al empezar el ejercicio y provee al músculo de gran cantidad de oxígeno. Esto quiere decir que la deuda de oxígeno que se observa al iniciar el trabajo físico no se debe a causas circulatorias, sino al metabolismo (anaeróbico) que realiza el músculo al

comienzo de la actividad; en el curso de ésta, el aumento de la provisión de oxígeno está dado por la mayor absorción a nivel pulmonar y la mayor velocidad de transporte circulatorio. Todo esto es de gran importancia para el rendimiento deportivo, sobre todo en las actividades que implican un gran compromiso aeróbico.

Otro de los procesos que desencadena la actividad física es una **mayor capilarización**. El aumento de riego sanguíneo en los territorios musculares en actividad (en ejercicios intensos los músculos reciben del 80 al 90% del flujo sanguíneo total) supone aumentar el número de “capilares funcionales”, facilitando considerablemente la difusión de gases y aporte energético. Esta mejora de la red capilar, tanto en los músculos como en el miocardio y pulmones, además de la vasodilatación ya mencionada, aumenta la absorción de oxígeno a nivel pulmonar y su distribución a nivel muscular. La vasodilatación determina una disminución de la resistencia periférica haciendo más económico el trabajo del corazón.

En lo que respecta a la sangre, las adaptaciones que se observan durante la actividad son:

- ✓ Aumento de glóbulos rojos en los primeros momentos del ejercicio, probablemente por simple hemoconcentración (transferencia de líquido sanguíneo a los tejidos). Durante ejercicios más prolongados el líquido pasa a la sangre por lo que hay hemodilución.
- ✓ Aumento del recuento leucocitario. La causa de este aumento es que gran número de ellos están adosados a las paredes vasculares durante el reposo y el incremento de la velocidad y del volumen sanguíneo durante el ejercicio los arrastra desde las paredes vasculares hacia el torrente circulatorio.
- ✓ Aumento de la coagulación sanguínea. Inmediatamente después del ejercicio se acorta el tiempo de coagulación, normalizándose a las pocas horas.
- ✓ En cuanto al plasma (constituido por agua (90%), glucosa, electrolitos, grasas, proteínas, ácido láctico, hormonas, etc.), en los ejercicios intensos y prolongados, al producirse hipoglucemia, las hormonas suprarrenales estimulan la liberación de glucosa proveniente del glucógeno que el hígado mantiene en reserva.

### **Efectos inducidos por el ejercicio físico. Beneficios para la salud.**

A nivel cardiovascular, los efectos de la actividad físico-deportiva se caracterizan por una disminución de la FC y de la PA y un aumento del VS. El ejercicio físico aeróbico regular, mejora el rendimiento cardiovascular debido a cambios hemodinámicos, hormonales, metabólicos, neurológicos y de la función respiratoria, e interviene en la prevención de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular.

Entre los efectos inducidos por el ejercicio de carácter aeróbico cabe citar:

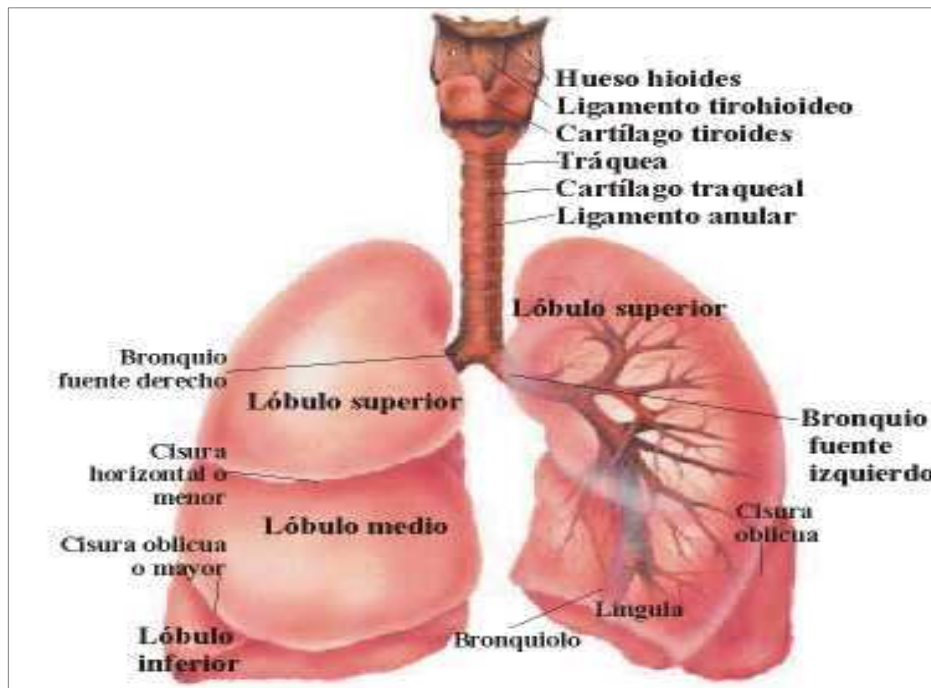
- ✓ El aumento de la cavidad cardíaca, lo que va a permitir al corazón recibir más sangre y también impulsar más sangre en cada sístole. Las adaptaciones cardíacas son consecuencias de una hipertrofia de las paredes del miocardio en especial la de los ventrículos, y son más frecuentes en los atletas que efectúan actividades de resistencia prolongada. Esta hipertrofia del miocardio trae como consecuencia el aumento del volumen sistólico y ha sido llamado “corazón de atleta”.
- ✓ El fortalecimiento de las paredes del corazón, lo que permite al músculo cardíaco una mayor actividad contráctil. Este efecto se consigue con trabajo de carácter anaeróbico.

- ✓ Una disminución de la frecuencia cardíaca en reposo, permitiendo al corazón realizar su función de forma más económica.
- ✓ Se incrementa y perfecciona la red capilar, lo que permite una mayor irrigación sanguínea de todo el organismo con la consiguiente mejora en el surtimiento de oxígeno y nutrientes.
- ✓ Una disminución de los tiempos de recuperación después de realizar actividad física.
- ✓ Cambios importantes en el estilo de vida, caracterizados por una mejoría espontánea en los hábitos higiénicos-dietéticos, contribuyendo al abandono de los hábitos tóxicos (especialmente el tabaco), al mantenimiento de dietas equilibradas y al menor consumo de alcohol.

### 2.2.2.- EL SISTEMA RESPIRATORIO

Es el encargado de recoger el oxígeno del aire, transportarlo hacia las células y eliminar el CO<sub>2</sub>. Consta de una parte externa (nariz y boca) y unos conductos (faringe, laringe, tráquea y bronquios) que terminan en racimos de pequeños sacos (alvéolos), lugar donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso con la sangre. La sangre capta el oxígeno mediante la hemoglobina que se encuentra en los glóbulos rojos y de esta forma llega a todas las células del organismo.

Las ramas de bronquios y los alvéolos se albergan en dos masas esponjosas que reciben el nombre de pulmones. Los pulmones descansan sobre el diafragma, albergan el corazón y están envueltos por una membrana que recibe el nombre de pleura.



El ciclo respiratorio consta de dos fases: la **inspiración** y la **expiración**.

Durante la inspiración y debido a la acción de los músculos respiratorios, la caja torácica se ensancha y el diafragma se aplana, y en la espiración ambas recuperan su posición. El ciclo respiratorio normal se produce unas 13-16 veces por minuto, variando de unos individuos a otros.

### Procesos de regulación respiratoria durante la actividad.

Al hacer ejercicio es necesario captar más oxígeno para atender las necesidades de los músculos en actividad por lo que **aumenta la frecuencia respiratoria** (pudiendo llegar hasta 50 veces por minuto) así como la profundidad de los movimientos respiratorios con el fin de captar más aire del cual extraer el oxígeno.

Por tanto, la frecuencia respiratoria constituye otro de los indicadores de la intensidad del esfuerzo, ya que en función del tipo de intensidad dependerá el número de ciclos respiratorios que tengamos durante la actividad.

El aumento en la frecuencia e intensidad de la respiración lleva consigo el **incremento del volumen minuto** (volumen de aire que pasa por los pulmones en unidad de tiempo). De esta manera, el volumen total de aire respirado que en reposo es de 5-7 litros/minuto (frecuencia de 13-16 ciclos minuto) aumenta a 30-40 litros/minuto en esfuerzos moderados y a 70-90 litros/minuto en ejercicios intensos. Por tanto, el sistema se adapta poniendo a disposición del organismo más cantidad de oxígeno en unidad de tiempo.

**El volumen minuto respiratorio (VMR)** es la cantidad de aire que entra y sale del aparato respiratorio, siendo el producto de la frecuencia respiratoria por el volumen corriente (aire respirado sin forzar voluntariamente la respiración). En una persona entrenada, el VMR aumenta extraordinariamente durante actividades intensas a causa del aumento de la frecuencia respiratoria

Una de las consecuencias de mayor relevancia es el **incremento del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>)**, que guarda buena correlación con la función cardiovascular. Esta mejoría se produce al aumentar la capacidad del sistema cardiocirculatorio y al mejorar la utilización del oxígeno por el músculo. El VO<sub>2</sub> varía en función de la edad, el sexo y los factores genéticos.

Como se ha indicado, la actividad física determina sobre el aparato respiratorio un incremento en su frecuencia y amplitud; este aumento ocurre rápidamente una vez comenzada la actividad y a veces antes de iniciarla debido a un mecanismo de tipo nervioso.

Tanto la frecuencia como la amplitud respiratoria sufren variaciones para suplir la gran demanda de oxígeno durante la actividad física. Cuando la demanda queda satisfecha, el individuo se encuentra en una etapa compensatoria, denominada fase estable, durante la cual se produce un equilibrio entre la absorción y el consumo de oxígeno. Si el trabajo físico aumenta en intensidad, puede llegar un momento en que las adaptaciones respiratorias no alcancen para satisfacer las necesidades, denominada fase insuficiente del proceso que genera **deuda de oxígeno** y es la causa por la cual el individuo debe realizar metabolismo anaeróbico

En algunas ocasiones, al inicio de una actividad se pueden sentir ciertas incomodidades de distinto tipo: mareos, respiración rápida e irregular, taquicardia arrítmica, opresión torácica, pulsaciones en el cráneo, fatiga y dolor muscular, sobre todo en los miembros inferiores y, fundamentalmente, disnea o sensación de falta de aire.

Si el individuo es capaz de resistir estas molestias y continuar la actividad, se produce un ajuste en los aparatos respiratorio y circulatorio trabajando más regularmente y comenzará a sentirse mejor. Esta adaptación fisiológica es conocida como **“segundo aliento”** y el alivio posterior podría deberse a una mejoría del transporte por el incremento del **VMR** y **VMC** y la vasodilatación activa muscular.

### **Efectos inducidos por el ejercicio físico. Beneficios para la salud.**

El desarrollo de una práctica continuada de actividad física produce modificaciones en el funcionamiento del aparato respiratorio, como aumento de la expansión torácica que conlleva una mayor amplitud respiratoria, así como un incremento de la frecuencia de la respiración. A largo plazo los efectos inducidos por el ejercicio son los siguientes:

- Aumenta la eficacia de los músculos respiratorios, logrando mayor amplitud torácica.
- La respiración se vuelve más amplia y profunda en relación a la corta y superficial del que no realiza actividad física. Los trabajos de carácter aeróbico mejoran el ritmo y profundidad respiratoria.
- Aumenta el número de alvéolos y capilares (latentes por falta de actividad), intensificando el intercambio gaseoso. Ello va a permitir mejorar la captación de oxígeno y eliminar el CO<sub>2</sub>.
- Aumenta la capacidad vital (de 4 a 6-7 litros.). La capacidad vital es la cantidad de aire que una persona es capaz de expulsar después de una inspiración profunda. Se mide con unos aparatos que se llaman espirómetros, oscilando los valores de tres a cuatro litros en individuos sedentarios y de cinco a siete litros en los deportistas, con las lógicas variaciones debidas al sexo, edad, constitución, actividad profesional, agentes externos (tabaco, alcohol), etc.
- Aumenta la perfusión (el aire recorre más espacio pulmonar).
- Aumenta la capacidad pulmonar, mejorando el mecanismo inspiratorio-espiratorio para renovar el aire en los pulmones, tanto en reposo como en ejercicio.

### **2.2.3.-EL SISTEMA MUSCULAR**

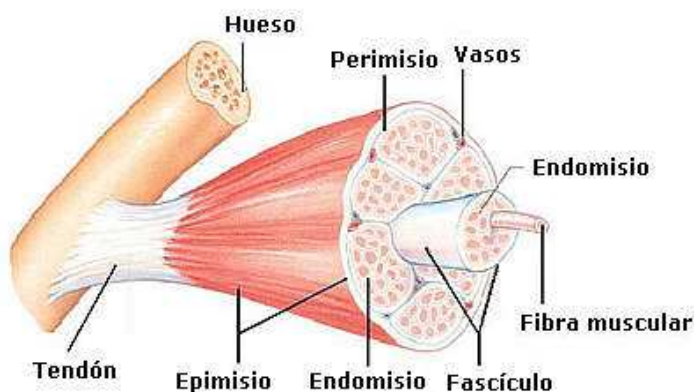
Durante la realización de actividades físicas participan prácticamente todos los sistemas y órganos del cuerpo humano. Así, el sistema muscular es el efector de las órdenes motoras generadas en el sistema nervioso central, siendo la participación de otros sistemas, como el cardiovascular, pulmonar, endocrino, etc., fundamental para el apoyo energético hacia el tejido muscular con el fin de mantener la actividad motora.

A diferencia del tejido muscular liso y del tejido muscular cardíaco, el tejido muscular estriado o esquelético está bajo el control de la voluntad y su nombre lo recibe de las estriaciones (rayas) que se observan en sus células al estudiarlas con el microscopio.

- ***Estructura y ultra estructura del músculo esquelético.***

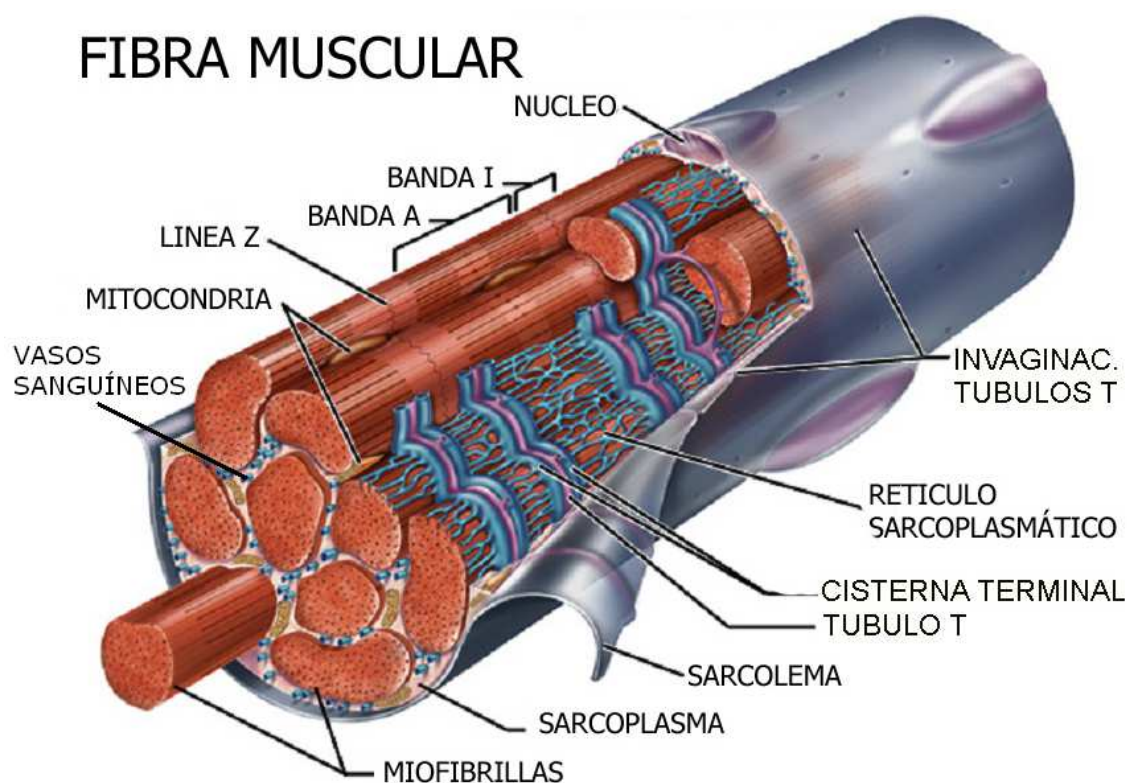
El músculo esquelético está rodeado por una envoltura conjuntiva denominada *epimisio*. En el interior, las células musculares están subdivididas en fascículos, rodeados estos últimos por una membrana de tejido conjuntivo que se denomina *perimisio*.



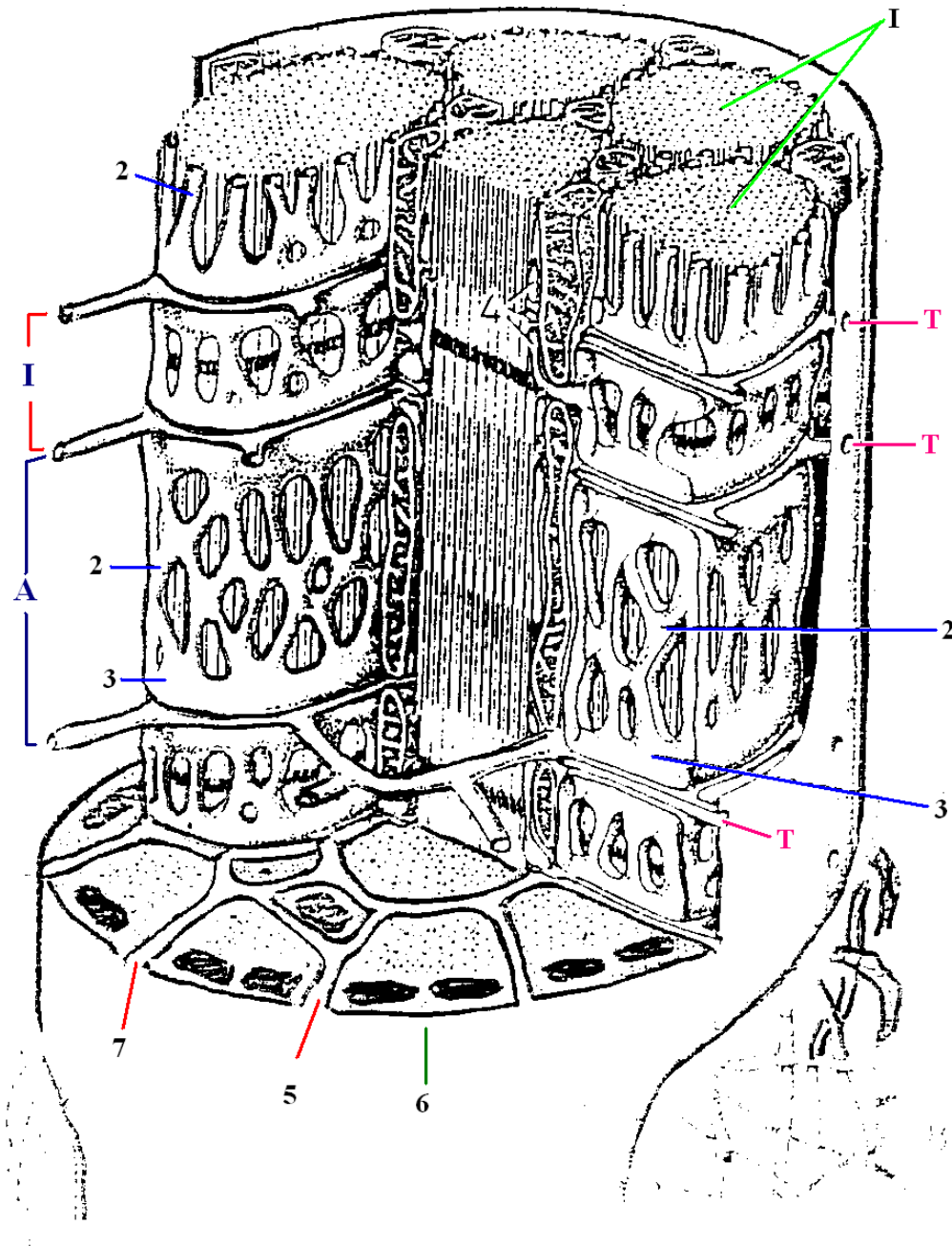


La célula del músculo esquelético es multinucleada, situándose los núcleos en la periferia de la célula, con la finalidad de que el centro de la misma sea ocupado por las *miofibrillas*.

**Figura 1:**



El sarcólema está especializado para cumplir su cometido funcional, como es la conductividad: de manera que, gracias a esta propiedad es posible que un impulso nervioso pueda llegar hasta las miofibrillas, ello es debido a los *túbulos trasversos* o *sistemas T* que ponen en contacto el sarcólema con las miofibrillas.

**Figura 2:**

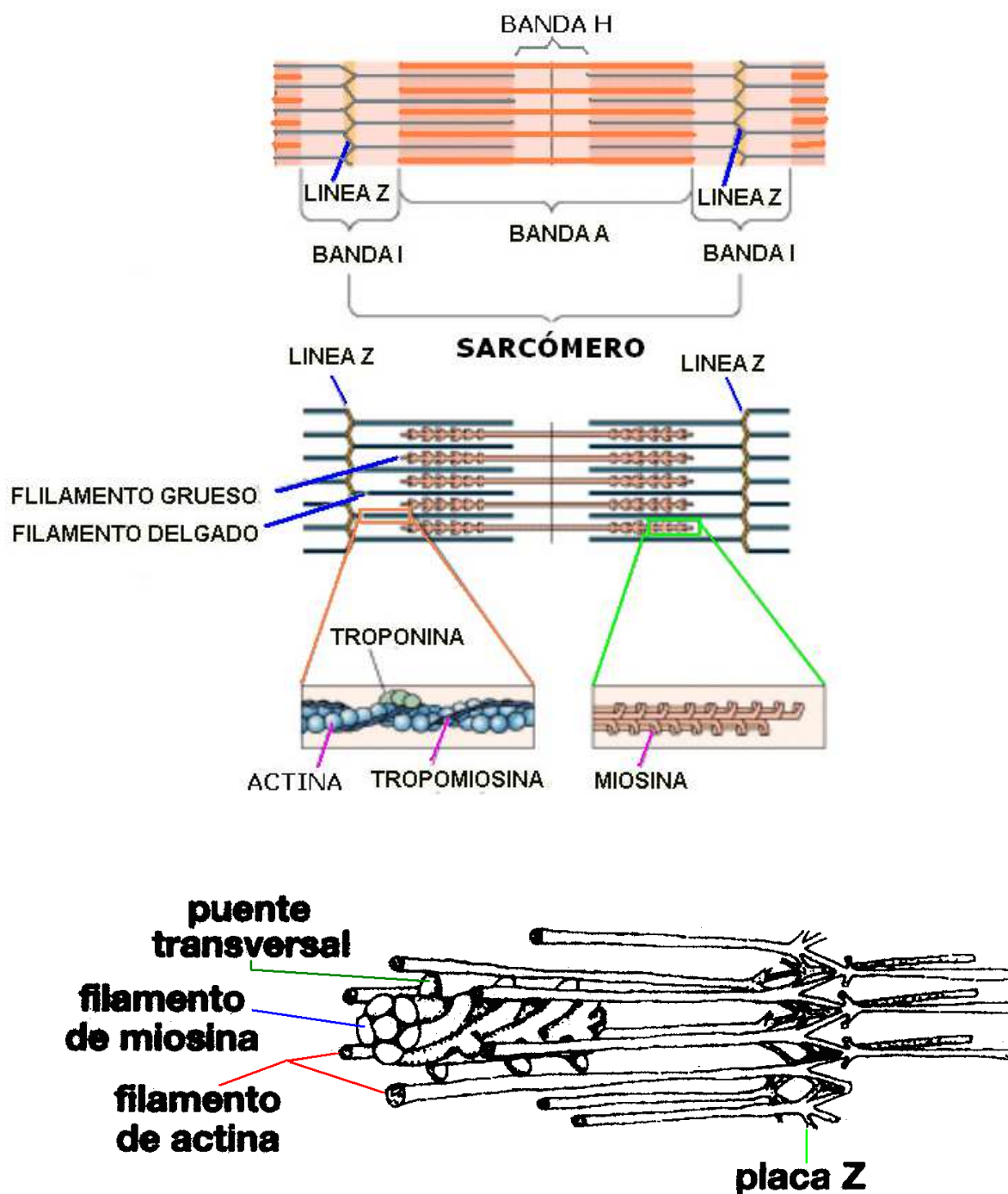
En el sarcoplasma podemos distinguir:

1. **La parte indiferenciada:** Contiene todos los orgánulos propios de las células (aparato de Golgi, mitocondrias, depósitos de glucógeno, retículo endoplásmico...). De estas estructuras hay que destacar el *retículo sarcoplasmático liso* (sistema L) ya que tiene un gran desarrollo, está adaptado a las miofibrillas y en él están almacenados los iones de  $\text{Ca}^{+}$ . El retículo *sarcoplasmático rugoso* contiene los ribosomas (síntesis de proteínas) se encuentra en pequeñas cantidades, lo cual explica la baja capacidad de regeneración de las fibras musculares maduras.
2. **La parte diferenciada:** En cuanto al sarcoplasma diferenciado, está caracterizado por la presencia de miofibrillas, que adoptan una disposición característica repetitiva y ordenada, estando constituidas por filamentos contráctiles o miofilamentos delgados y gruesos, disponiéndose a modo de entramado.

Al microscopio el músculo esquelético ofrece una imagen característica en bandas claras y oscuras. A las bandas claras se les denomina *bandas I*, y a las oscuras *bandas A*

Observado con un microscopio electrónico se observan unas bandas más claras dentro de las A, que se denominan *bandas H*, y dentro de éstas una línea más oscura, *línea M*. Así mismo, en el centro de la banda I se observa una línea más oscura, la denominada *línea Z*. Pues bien, se denomina sarcómero a la zona comprendida entre dos líneas Z, considerando al mismo como la unidad estructural del músculo (ver figura 2).

**Figura 3:**



Las miofibrillas están constituidas por componentes proteicos como son: **miosina**, **actina**, **troponina**, **tropomiosina**, **alfa-actinina**, **proteína M**, **titina**, fundamentalmente. La miosina es el componente principal del filamento grueso, y la actina del filamento delgado.

Las moléculas de **actina** son filamentos enrollados en espiral de dos en dos. Cada espiral está enlazada por un extremo a una línea Z por la **Nebulina** siendo esta la que además mantiene paralelos los filamentos de actina.

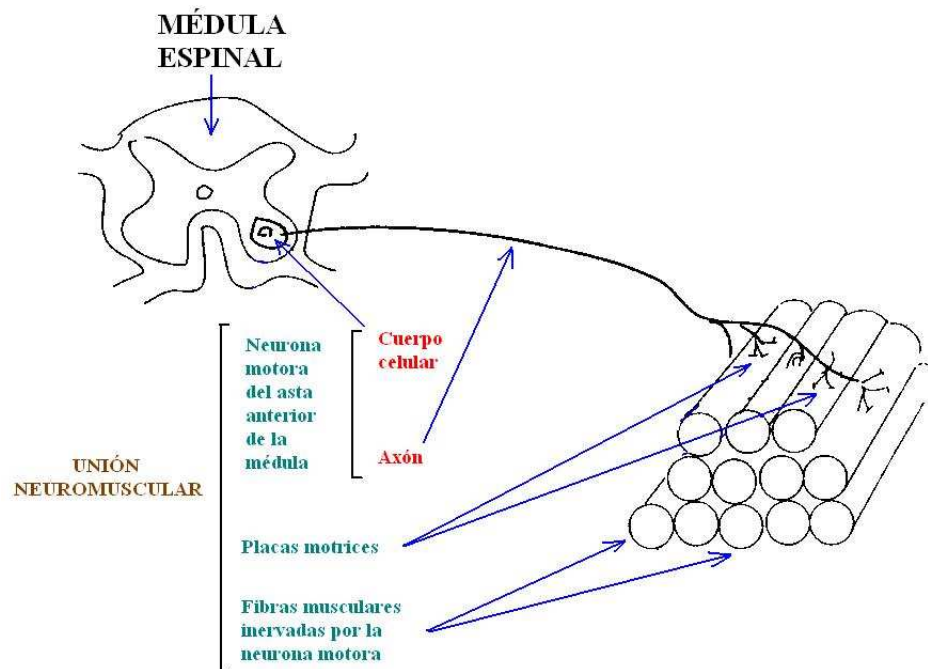
Las moléculas de **miosina** se asocian en haces de los que sobresalen las “**cabezas**” de las moléculas. Se unen a la línea Z gracias a la **Titina** o **Conectina**, maniéndola paralela a los filamentos de actina.

Los haces de miosina están rodeados de moléculas de actina, y las cabezas pueden formar enlaces con la actina (llamados **puentes transversales**). La formación de estos enlaces depende de la presencia de **iones de calcio** ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en el interior de la célula muscular, los cuales se enlazan tanto a las dobles hélices de la actina como a las cabezas de la miosina. Así pues, según la concentración de iones de calcio, los puentes son más o menos numerosos.

Las células musculares son capaces de regular la concentración interna de iones calcio. Estos son almacenados en una red de túbulos y cisternas por particulares “**bombas**” presentes en las membranas celulares. En la proximidad de las líneas Z, esta red está conectada con la membrana exterior.

### • PROCESO DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

Los músculos esqueléticos están inervados por fibras nerviosas miélinicas, que tienen su origen en las motoneuronas del asta anterior de la médula espinal; estas fibras nerviosas establecen una unión con la fibra muscular denominada **unión neuromuscular**.

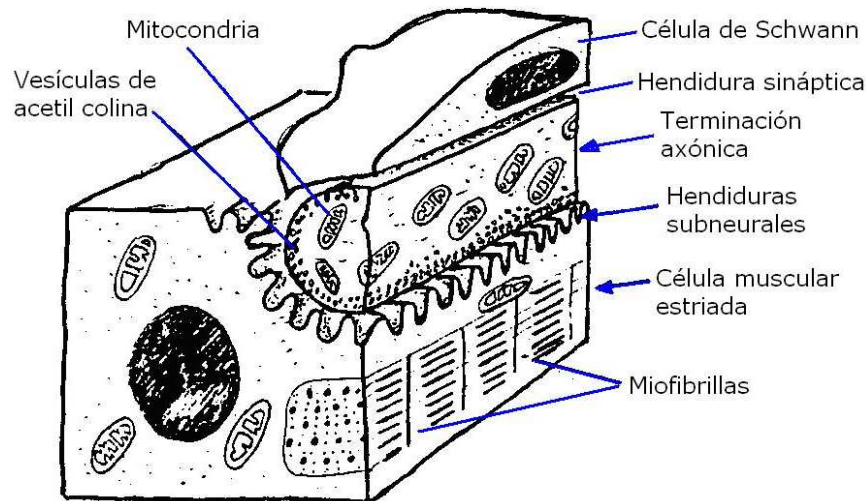


La unión neuromuscular tiene lugar a mitad de la fibra muscular, y sólo excepcionalmente una fibra puede tener dos uniones neuromusculares (2% del total de fibras).



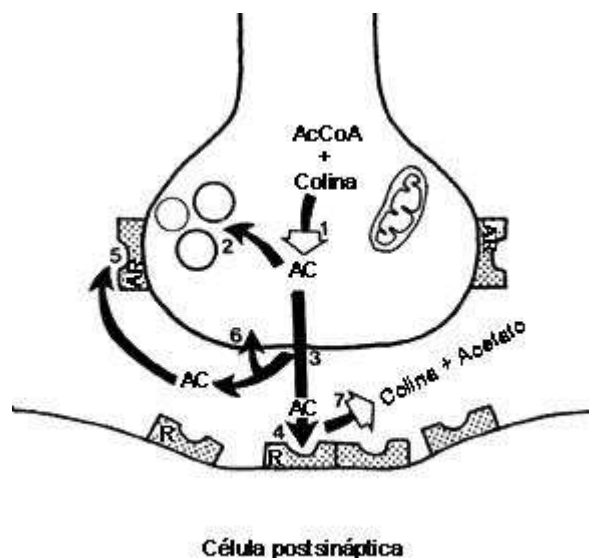
La fibra nerviosa se ramifica en su extremo al aproximarse a la fibra muscular para formar un complejo de terminales nerviosas denominada **Placa Terminal**, que invagina en la fibra muscular, si bien quedando totalmente fuera de la membrana plasmática. Toda la estructura está rodeada por una o dos células de Schwann que aísla la placa Terminal de los líquidos que la rodean.

**Figura 4:**



El espacio entre la fibra nerviosa y el sarcolema se denomina **hendidura sináptica**. Este espacio está ocupado por fibras reticulares a través de las cuales difunde el líquido extracelular. A su vez la membrana celular muscular se repliega formando numerosos pliegues de membrana que forman **hendiduras subneurales**, con la finalidad de aumentar el área de contacto con el neurotransmisor. En el axón Terminal existen gran cantidad de mitocondrias que proporcionan energía para la síntesis del transmisor de información, la **acetilcolina**. Este una vez sintetizado en el citoplasma, se acumula en vesículas.

**Figura 5:**



Antes de hablar de cómo se produce la contracción muscular hay una serie de conceptos que debes tener claro:

- ✓ **Ion:** Partícula con carga eléctrica.
- ✓ **Canal Iónico:** Es una proteína de membrana a veces específica que transporta iones y otras moléculas pequeñas a través de la membrana por difusión pasiva o facilitada, es decir, sin uso de energía.
- ✓ **Impulso Nervioso:** Es el transporte de información a través de los nervios, y por medio de sustancias como el Sodio y el Potasio y su interacción con la membrana.
- ✓ **Potencial de Reposo:** Es el estado en donde no se transmiten impulsos por las neuronas.
- ✓ **Potencial de Acción:** Es la transmisión del impulso a través de la neurona cambiando las concentraciones intracelulares y extracelulares de ciertos iones.
- ✓ **Potencial de Membrana:** Es el voltaje que le dan a la membrana las concentraciones de los iones en ambos lados de ella.

El interior de una neurona, incluyendo su axón (sitio por el que se transmite el impulso nervioso) tiene menos cargas positivas que el exterior, debido a que en el exterior hay una mayor concentración de iones de Sodio (Na), mientras que en el interior predomina el Potasio (K) en condiciones normales y durante el periodo de reposo. Ambos iones tienen carga positiva y le dan una carga ambiente donde se encuentran. A pesar de ello y debido a que existe mayor concentración de Na extracelular que K intracelular, y a que las proteínas intracelulares tienen carga negativa, se considera que la membrana tiene una polaridad positiva en el exterior y negativa en el interior. Esto es, se encuentra polarizada.

Para que se lleve a cabo el **potencial de acción** se debe excitar eléctricamente a la neurona (despolarizar), entonces los canales de sodio se hacen miles de veces más permeables de lo normal, y la difusión de éste al interior de la membrana es muy grande. Esta entrada de cargas positivas quita la polaridad a la membrana ya que ambos lados de ella son positivos. La carga de membrana así producida hace que se cierren los canales de Na y se permeabilicen los de K, de forma que éste se difunde al exterior de la célula. Ahora los iones están intercambiados es decir, una mayor concentración de Na adentro y de K afuera. El mecanismo que se encarga de devolver estos iones a sus sitios originales es la ATPasa, vulgarmente llamada bomba de sodio y potasio. Esta proteína de membrana requiere ATP para intercambiar los iones, por cada dos iones K que entran, salen tres Na. Esto devuelve su estado positivo al espacio extracelular. Durante un impulso y otro hay un periodo refractario, en el cual no puede haber otro impulso nervioso. La duración de este periodo es tal que en un segundo puede haber 2500 impulsos nerviosos o potenciales de acción.

Hay cuatro puntos que debéis tener en mente:

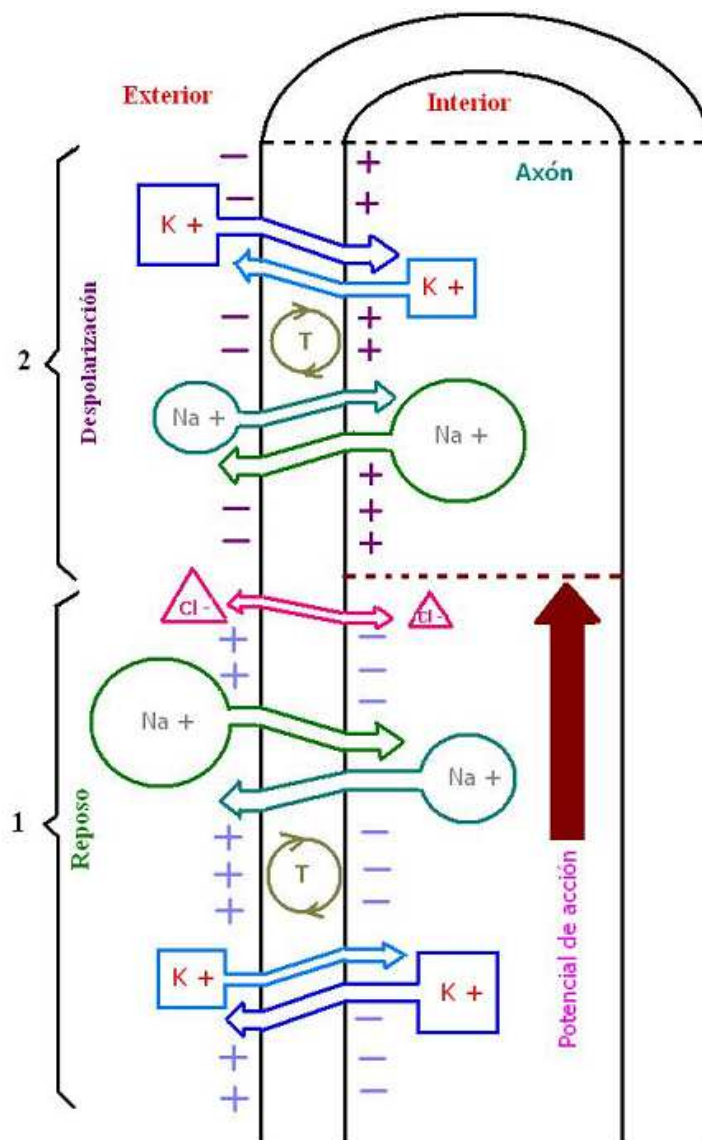
1. **El potencial de acción no disminuye a lo largo de la fibra nerviosa.**
2. **El potencial de acción es un fenómeno todo o nada, es decir, si no se llega al umbral no ocurre el PA.**
3. **Una vez pasado por una parte de axón, el potencial de acción no puede reactivarse debido a un periodo refractario.**
4. **El aumento del estímulo no aumenta el potencial de acción, pero si aumenta la frecuencia de los impulsos.**

EXPLICACIÓN DE LA FIGURA 6: El potencial de acción: bases iónicas.

Aquí veis el corte de una fibra nerviosa donde se ilustran las diferencias de concentración de iones dentro y fuera del citoplasma:

- En estado de reposo (1) el sodio ( $\text{Na}^+$ ) tiene mayor concentración fuera de la célula, mientras que el potasio ( $\text{K}^+$ ) es más abundante en el interior de la célula. Estas diferencias de concentración iónica producen un desequilibrio eléctrico, el interior de la célula es más negativo que el exterior. Esta electronegatividad, causada por la presencia de canales iónicos y bombas o transportadores (T) que mueven los iones de un lado a otro de la membrana, hace que la célula sea excitable.
- Cuando llega el impulso nervioso (cabeza de la flecha en la porción media de la figura), la polaridad se invierte pues el  $\text{Na}^+$  entra rápidamente en la célula, al tiempo que sale el  $\text{K}^+$ , produciendo una despolarización, la carga de la membrana pasa de negativa a positiva (2). La repolarización (el retorno al estado de excitabilidad previo o de reposo) se logra cuando las bombas membranales (T), las cuales funcionan por la energía proveniente de la conversión de ATP en ADP, sacan el  $\text{Na}^+$  y vuelven a introducir el  $\text{K}^+$  (de nuevo, al estadio ilustrado en 1). Este es el proceso de la excitación. En la inhibición el ion cloro ( $\text{Cl}^-$ ) desempeña un papel importante, aumentando su concentración intracelular.

**Figura 6:**





La llegada de un estímulo nervioso (potencial de acción) procedente de la corteza motora provoca la liberación del neurotransmisor *acetil-colina* en la unión neuromuscular hacia la hendidura sináptica (Fig.4 y 5). A su vez, la unión acetil-colina a los receptores colinérgicos de la célula muscular provoca la despolarización de la *membrana plasmática* y del *retículo sarcoplasmático liso*. Este cambio de polaridad de la membrana llega a descargar potenciales de acción conducidos a través del propio sarcolema por toda la fibra muscular. Como los túbulos y las cisternas del retículo sarcoplasmático son invaginaciones del propio sarcolema (Fig.1 y 2), los potenciales de acción serán conducidos hasta el interior de la fibra muscular produciéndose la liberación del calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) al citoplasma, que al unirse a la troponina, provoca un cambio conformacional que afecta a la troponina y tropomiosina, posibilitando la interacción entre la actina y la miosina, y por tanto provocando la **contracción muscular**.

Mientras dura el estímulo nervioso, los iones de calcio continúan incrementándose en el interior de la célula. Pero al mismo tiempo la presencia de ATP (molécula muy abundante en la célula muscular) provoca un rápido cambio de la conformación de las cabezas de miosina y la rotura de los puentes transversales. De este modo las cabezas se pegan a las cercanas espirales de actina y se despegan de ellas en sucesión rápida. Esto provoca el acercamiento de las líneas Z y el progresivo acortamiento del sarcómero. Puesto que esto sucede en todos los sarcómeros al mismo tiempo, toda la miofibrilla se acorta.

En ausencia de estímulos nerviosos, los iones de calcio son bombeados de nuevo por la célula a las cisternas: al disminuir su concentración, el sarcómero se distiende y la miofibrilla se relaja.

- ***Tipos metabólicos de fibra muscular.***

El músculo esquelético no está formado únicamente por un tipo de fibra muscular, sino que, atendiendo a sus características metabólicas y funcionales, es posible realizar una clasificación de distintos tipos de fibras. Se pueden definir dos grupos generales de fibras: las *oxidativas* o *tipo I* y las *glucolíticas* o *tipo II*.

La distribución en porcentajes de fibras musculares oxidativas y glucolíticas en el ser humano está determinado de forma ***genética***, y determina el rendimiento físico en actividades de resistencia o de potencia de un músculo o grupo muscular determinado.

La utilización de las fibras musculares del tipo I (también conocidas como lentas o rojas) predomina en actividades prolongadas y de intensidad moderada. Las fibras de tipo II (rápidas o blancas) están particularmente adaptadas para participar en actividades físicas breves pero intensas.

Existen determinadas fibras que no responden a ninguna de las descripciones anteriormente realizadas y a las que el estímulo continuo del entrenamiento puede transformarlas en un tipo u otro. Se denominan *fibras IIAB* y *fibras IIC*.

CARACTERÍSTICA	TIPO I (lenta oxidativa)	TIPO II a (rápida glucolítica oxidativa)	TIPO II b (rápida glucolítica)
DIAMETRO	Pequeño	Grande	Grande
COLOR	Rojo intenso	Rosado	Blanco
MIOGLOBINA	Mucha	Poca	Muy poca
MIOFIBRILLAS	Pocas	Intermedias	Muchas
CAPILARIZACION	Importante	Intermedia	Pobre
MOTONEURONA	Pequeña (alfa 1)	Grande (alfa 2)	Grande (alfa 2)
DESCARGA NERVIOSA	Tónica (100 a 120ms)	Intermedia	Fásica (40 a 50ms)
PROPIEDAD CONTRACTIL	Tensión baja Duración alta	Intermedia	Tensión alta Duración baja
VIA METABOLICA PREDOMINANTE	Oxidación aeróbica (mitocondrial)	Glucólisis aeróbica y anaeróbica	Glucólisis anaeróbica
FATIGABILIDAD	Poco fatigable	Fatigable	Muy fatigable
MITOCONDRIAS	Muchas y grandes	Intermedias	Pocas y pequeñas
(SDH) ENZIMA OXIDATIVA	Muy elevada	Alta	Baja
(FPK) ENZIMA GLUCOLITICA	Baja	Intermedia	Alta

- **Funciones que realizan los músculos:**

En términos generales, la función muscular consiste en hacer posibles los movimientos corporales mediante la contracción. Ahora bien, en términos técnicos, las funciones que desempeñan los músculos se pueden designar así:

- ✓ **Función agonista.** Es el músculo principal en la ejecución de un movimiento. Ejemplo: el tríceps braquial es el agonista en la extensión del codo.

- ✓ **Función antagonista.** Antagonista es un músculo cuya contracción produce un movimiento contrario a la acción de otro músculo en ese mismo movimiento. Ejemplo: el bíceps braquial es antagonista del tríceps braquial en la extensión del codo.
  - ✓ **Función motor secundario o sinergista.** El motor secundario es el que colabora o ayuda al primario para la realización de este movimiento.
  - ✓ **Función de fijador o estabilizador.** Es un músculo que fija o sostiene un hueso o parte del cuerpo para que otro músculo tenga una base firme sobre la cual ejercer tracción.
- ***Tipos de contracción muscular.***

En función del *desplazamiento producido* por el tipo de contracción muscular, hablaremos de:

1. **Contracción isométrica:** Es aquella en la que **no** se produce desplazamiento, por lo que toda la energía producirá una deformación. No hay trabajo mecánico.
2. **Contracción anisométrica:** Existe un desplazamiento, y en función del sentido de desplazamiento tenemos:
  - 2.1. CONTRACCIÓN CONCÉNTRICA, cuando el sentido del desplazamiento es el mismo que el de la fuerza muscular, es decir, es el músculo el que produce el movimiento. Se realiza un trabajo *positivo*.
  - 2.2. CONTRACCIÓN EXCÉNTRICA, el movimiento se produce en sentido contrario a la contracción muscular; existe una fuerza externa mayor opuesta a la desarrollada por el músculo y este actúa frenando parcialmente el movimiento. En consecuencia el trabajo realizado es *negativo*.

En función del *desarrollo del movimiento* hablaremos de:

1. **Contracción isotónica:** Cuando ésta se lleva a cabo a una tensión constante. En realidad, y en un sentido estricto, este hecho solo ocurre en preparaciones in vitro. Pero vulgarmente se aplica este término cuando la resistencia externa es constante. Sin embargo, en el movimiento muscular normal en el ser humano **no** existen contracciones musculares en las que la fuerza se mantenga igual durante todo el movimiento.
2. **Contracción isocinética:** Es aquella que se realiza a una velocidad constante. Esta tipo de contracción se lleva a cabo con aparatos que ofrecen una resistencia adaptada a la fuerza aplicada para mantener la velocidad siempre constante.

- ***Fuentes de energía para la contracción muscular:***

La realización de actividades físicas requiere la contracción muscular y para que esta se produzca se precisa energía. Esta energía que necesita el músculo para contraerse y relajarse la suministra el ATP (adenosintrifosfato), el cual se puede obtener directamente de las reservas existentes en el organismo, entre ellas en la fibra muscular, o mediante reacciones químicas de las sustancias nutritivas suministradas a través de la ingestión de alimentos.

La molécula de ATP está formada por una molécula de adenina y ribosa, llamada adenosina, enlazada a tres moléculas de fosfato. Sus enlaces se denominan de alta energía. Cuando el ATP se une con agua (hidrólisis), el enlace exterior de fosfato se rompe y forma ADP (adenosindifosfato), en esta reacción se libera aprox. **7,3 Kcal.** de energía libre por mol de ATP degradado en ADP.

La división de la molécula de ATP ocurre esté o no presente el oxígeno. La energía liberada durante la degradación del ATP se transfiere directamente a otras moléculas que necesitan energía (Ej. estructuras específicas de la contracción muscular).

Sólo una pequeña cantidad de ATP es almacenada dentro de las células, la cual proporciona sólo bastante energía para realizar un ejercicio máximo durante algunos segundos. Dado que el ATP no puede ser suministrado por la sangre o de otros tejidos, debe reciclarse continuamente dentro de cada célula, por ejemplo las células musculares, parte de esta energía necesaria para la resíntesis del ATP se suministra rápidamente y sin oxígeno mediante la transferencia de la energía de otro compuesto fosfatídico de alta Energía llamado fosfato de creatina o PC.

Dado que el PC tiene una energía libre de hidrólisis mayor que el ATP, su fosfato se da directamente al ADP para reformar ATP. Si hay disponible bastante energía, la creatina y el fosfato pueden unirse para reformar el PC.

Por lo tanto la dinámica energética humana implica la transferencia de energía por medio de la ruptura de enlaces químicos, y se conserva formando nuevos enlaces. Una parte de la energía perdida por una molécula puede transferirse a la estructura química de otra, como ocurre con compuestos relativamente pobres en energía y pueden ser reforzados mediante la transferencia energética de fosfatos de alta energía para realizar el trabajo biológico. Esta transferencia en forma de enlaces de fosfatos se denomina Fosforilación.

El contenido de ATP en la fibra muscular es muy limitado, por lo que únicamente puede suministrarse energía por un período de tiempo muy pequeño (hasta 4 segundos). Como normalmente la actividad va a requerir un esfuerzo de mayor duración, es necesario proceder a un constante reaprovisionamiento de ATP ya que la casi totalidad de esfuerzos deportivos y actividades cotidianas sobrepasan ese tiempo.

Los combustibles que el músculo utiliza para asegurar la energía necesaria para la contracción muscular varían en función de la intensidad y de la duración de la actividad. De un modo general, se puede clasificar la actividad físico-deportiva en tres categorías:

- ✓ Actividades de esfuerzo muy intenso y duración breve (de algunos segundos hasta unos 3 minutos), como halterofilia, lanzamientos, saltos, carreras de velocidad, deportes de combate y esquí de descenso.
- ✓ Actividades de intensidad elevada y duración media (alrededor de una hora), como baloncesto, balonmano, fútbol y voleibol.
- ✓ Actividades de intensidad moderada y larga duración (varias horas), como ciclismo, esquí de fondo, montañismo, carreras de fondo y maratón.

La fuente de formación de ATP para la fibra muscular en estado de reposo son los lípidos (ácidos grasos libres), que representan el 85% de la demanda energética, mientras que el resto contribuye solo con el 15%. Esto se debe a que la glucosa es el combustible esencial utilizado en el funcionamiento de algunos órganos, como el encéfalo y el corazón, y al ser su contenido limitado se trata de ahorrar su consumo el máximo posible, reservándolo para su utilización durante la contracción muscular.

Cuando se inicia la actividad, los ácidos grasos dejan de tener su papel predominante en la formación de ATP y lo ceden, según la intensidad, a la fosfocreatina (esfuerzos de hasta 10 segundos) y a la glucosa (procesos anaeróbicos y aeróbicos). Conforme se prolonga la actividad, el consumo de lípidos va siendo progresivamente mayor, constituyendo en los períodos finales de esfuerzos de larga duración (como en la carrera de maratón) la principal fuente energética muscular, debido al progresivo agotamiento de las reservas de carbohidratos.

Cuando la intensidad de la actividad física en esfuerzos de poca duración (hasta 3 minutos) es alta, se produce una desproporción entre las necesidades de oxígeno y las posibilidades de suministro existentes. Es entonces cuando la formación de ATP se realiza mediante el metabolismo anaeróbico, siendo la glucosa la única fuente capaz de formar el compuesto energético. Dado que el contenido en glucógeno de la fibra muscular y el hígado son escasos, las reservas de glucógeno pueden agotarse rápidamente, lo que imposibilitaría mantener esfuerzos de alta intensidad de forma prolongada. Además de esta limitación, el metabolismo anaeróbico produce ácido láctico y su acumulación en la sangre dificulta la contracción muscular.

Cuando la actividad es moderada y el suministro de oxígeno satisface las demandas requeridas para la contracción, la formación de ATP se realiza mediante el metabolismo aeróbico. En este caso, las fuentes de producción de ATP son la glucosa y las grasas (esfuerzos prolongados), siendo su rendimiento energético muy elevado.

### **Efectos inducidos por el ejercicio físico. Beneficios para la salud:**

Como consecuencia de la práctica regular de actividad físico-deportiva se observa a nivel muscular los siguientes efectos:

- ✓ Aumento del grosor de la fibra muscular y, como consecuencia, se desarrolla el volumen del músculo (hipertrofia) y se produce un aumento del número de capilares, lo que supone mejorar el aporte de oxígeno y nutrientes a la fibra muscular. Al producirse hipertrofia muscular, se incrementan los niveles de fuerza.
- ✓ Mejora el tono muscular, proporcionando un mayor dominio corporal y disponibilidad en todas nuestras acciones y de igual manera en el tono postural.
- ✓ Aumenta la elasticidad, fuerza y resistencia de los tendones y ligamentos.
- ✓ Incrementa las posibilidades de estiramiento y movilidad articular (aumento de la flexibilidad)
- ✓ Perfecciona los procesos de coordinación neuromuscular, ya que mejora la excitabilidad y la velocidad de la conducción nerviosa.
- ✓ Incremento de las reservas de fuentes energéticas (glucosa y fosfato de creatina), retrasando, por tanto, la fatiga.
- ✓ En general, el músculo se vuelve más fuerte, resistente y elástico.

## 2.2.4.- EL SISTEMA NERVIOSO Y EL SISTEMA ENDOCRINO

Una de las virtudes principales que posee el hombre es su capacidad para responder a estímulos externos. Para ello, necesita realizar una infinidad de movimientos con diferentes finalidades, lo que hace imprescindible la presencia de un sistema director que organice y guíe el movimiento: el sistema nervioso.

El sistema nervioso, junto con el endocrino, son los encargados de realizar las funciones de organización y control del organismo.

### EL SISTEMA NERVIOSO

Es el encargado de regular las distintas funciones del organismo.

Recibe la información procedente del exterior o del medio interno y envía los mensajes a los distintos órganos dirigiendo sus funciones.

El sistema nervioso está formado por una célula especializada llamada **neurona**. Son células alargadas cuya función es recibir, conducir y transmitir información desde los receptores hasta los centros nerviosos, y órdenes desde los centros nerviosos hasta los órganos efectores, como por ejemplo, el músculo. Están formadas por el cuerpo celular, las dendritas, el axón y los botones sinápticos. El lugar de contacto entre dos neuronas, se llama sinapsis, y es donde se produce la transmisión de información de una neurona a la siguiente, mediante complejos procesos bioquímicos y eléctricos, en los que interviene el sodio, el calcio y el potasio.

#### Organización del sistema nervioso.

Atendiendo a las funciones que desempeña, podemos distinguir dos tipos de sistema nervioso:

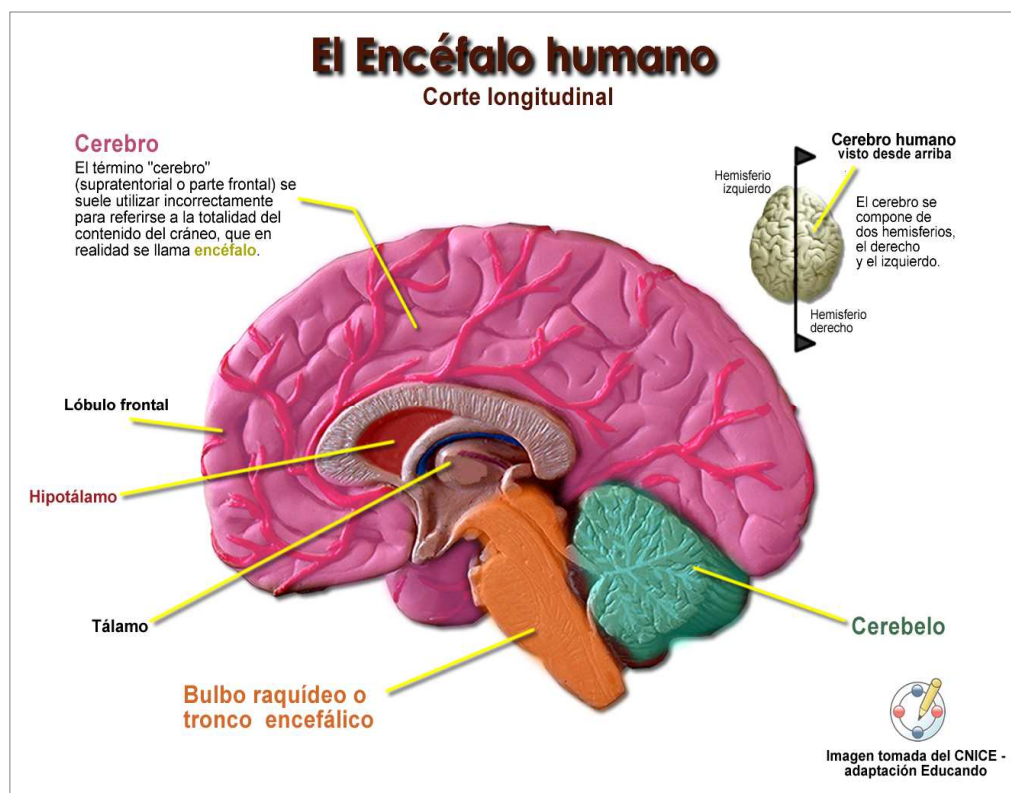
- ✓ **Sistema nervioso voluntario:** es el encargado de dirigir las funciones de relación del ser humano, entre las que incluimos el movimiento.
- ✓ **Sistema nervioso autónomo o vegetativo:** lleva a cabo funciones involuntarias, como la regulación de la actividad visceral del organismo, como por ejemplo presión sanguínea, frecuencia cardíaca, regulación térmica, digestión, funciones renales, etc.

#### A) El sistema nervioso voluntario.

En él distinguimos dos sistemas: el **sistema nervioso central** y el **sistema nervioso periférico**.

**a.1.- El sistema nervioso central :** Está formado por los órganos alojados dentro del cráneo y de la columna vertebral. Dentro del cráneo nos encontramos las siguientes estructuras:

- ✓ **Encéfalo.** Formado por el cerebro, el tronco cerebral, el cerebelo y el bulbo raquídeo.



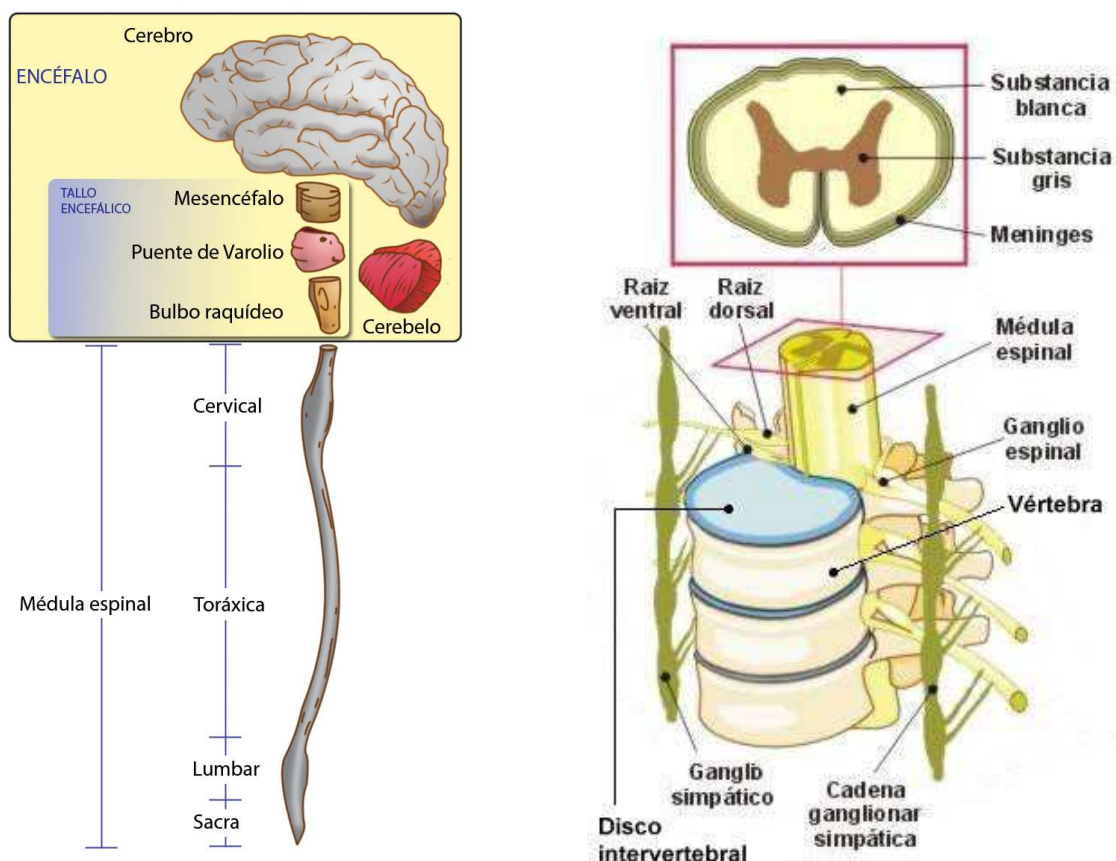
- ✓ El **cerebro** está situado en la parte anterior y superior del encéfalo. A él llega toda la información consciente recogida del exterior y parten las órdenes motoras voluntarias. Está dividido en dos hemisferios (derecho e izquierdo) encargados de diferentes funciones.

El tronco cerebral o encefálico controla la respiración, función cardiovascular, función gastrointestinal, movimientos oculares, sostén del cuerpo contra la gravedad, y muchos movimientos estereotipados.

- ✓ El **cerebelo** tiene dos funciones, la creación y el almacenamiento de programas motores, vitales para actividades musculares rápidas. Compara el programa motor correcto con el que se está realizando, y va corrigiendo las diferencias entre ambos. El cerebelo es el centro regulador del tono muscular y la postura, así como de la coordinación de los movimientos.
- ✓ El **bulbo raquídeo** está constituido por haces de fibras nerviosas que conectan el encéfalo con la médula espinal.



## SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (humano)



### ✓ Médula espinal.

Es la parte del sistema nervioso central que ocupa el conducto raquídeo, en el interior de la columna vertebral.

De la médula parten y llegan nervios que transmiten información de la periferia al interior y viceversa. La información sensitiva entra en la médula por su parte posterior, y la información motora sale de la médula por la parte anterior.

La médula es la encargada de producir movimientos reflejos.

**a.2.- El sistema nervioso periférico:** Está formado por un conjunto de nervios destinados a transmitir los impulsos nerviosos a través de los nervios raquídeos, poniendo en contacto el SNC con los órganos efectores (músculos).

### B) El sistema nervioso autónomo o vegetativo.

Es el encargado de controlar muchos estados internos del organismo y de la conducta, como por ejemplo: la temperatura, los impulsos para comer y beber, la digestión, el peso corporal, la presión arterial, y la frecuencia cardíaca y respiratoria, entre otros.

Está dividido a su vez en dos sistemas: **simpático y parasimpático**, El primero se encarga de regular las actividades que requieren un aumento de los niveles de activación del sujeto o un aumento del gasto energético (estimulador). El parasimpático regula las funciones que requieren una disminución de los niveles de activación del sujeto o una disminución del gasto energético (inhibidor).

## EL SISTEMA ENDOCRINO.

El sistema endocrino es el encargado de regular muchas funciones que ocurren en el organismo. Está formado por órganos secretores, hormonas y órganos “diana”. Una hormona es una sustancia que es segregada por una glándula a los líquidos corporales, para que sea transportada hasta otros órganos o células donde desempeñe una función.

Las principales glándulas endocrinas de nuestro organismo son las siguientes:

- ✓ **Hipófisis:** situada en el encéfalo.
- ✓ **Tiroides:** situada en la porción anterior del cuello.
- ✓ **Suprarrenales:** situadas en la porción superior de los riñones.
- ✓ **Gónadas:** órganos sexuales.

Las principales hormonas relacionadas con la actividad física y el deporte son:

- ✓ **Hormona del crecimiento:** produce un aumento de la síntesis de proteínas y moviliza las grasas para su utilización como fuente de energía.
- ✓ **Hormonas tiroideas:** produce un aumento del metabolismo para una mayor obtención de energía.
- ✓ **Insulina:** disminuye los niveles de glucosa en sangre, y aumenta los procesos anabólicos.
- ✓ **Glucagon:** su función es antagónica a la de la insulina, produciendo aumento de glucosa en sangre.
- ✓ **Cortisol:** aumenta los niveles de glucosa en sangre y el catabolismo de proteínas. Su principal función es antiinflamatoria.
- ✓ **Aldosterona:** reabsorbe sodio en la orina, tras pérdidas importantes de éste por la sudoración.
- ✓ **Testosterona:** produce una importante síntesis de proteínas, favoreciendo el aumento de la masa muscular.

Las “células diana” están situadas en determinados órganos corporales. Cuando se unen a determinadas hormonas, se activan desencadenando la reacción o respuesta que pretende dicha hormona. Las hormonas que circulan por la sangre sólo pueden actuar sobre los órganos que tienen las células diana capaces de reconocerlas.

## EFFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN EL SISTEMA NERVIOSO Y ENDOCRINO

Respecto al sistema nervioso central, se produce una progresiva disminución del esfuerzo para la realización de actividades físicas por la automatización de las mismas, resultando una mayor economía y

eficacia en las acciones, una mayor coordinación y a una mejora en la transmisión de los impulsos nerviosos

En el sistema nervioso vegetativo, la práctica de actividades físicas reduce los niveles de ansiedad y favorece el control de funciones vitales como el sueño, digestión, circulación, etc.

En cuanto al sistema endocrino, se produce una mayor actividad en la secreción de determinadas sustancias que tienen efectos vasculares (catecolaminas), efectos relacionados con la sensación de placer y adicción al ejercicio (betaendorfinas), regulación renal (aldosterona), etc.